

⑤

Int. Cl.:

H 05 g, 1/54

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

⑥

Deutsche Kl.: 21 g, 20/06

⑩

# Offenlegungsschrift 2 402 230

⑪

Aktenzeichen: P 24 02 230.8

⑫

Anmeldetag: 17. Januar 1974

⑬

Offenlegungstag: 1. August 1974

Ausstellungsriorität: —

⑭

Unionspriorität

⑮

Datum: 29. Januar 1973

⑯

Land: V. St. v. Amerika

⑰

Aktenzeichen: 327259

⑲

Bezeichnung: Vorrichtung zum Vorhersagen des Ausfalls einer Röntgenröhre

⑳

Zusatz zu: —

㉑

Ausscheidung aus: —

㉒

Anmelder: Varian Associates, Palo Alto, Calif. (V.St.A.)

Vertreter gem. § 16 PatG: Reinländer, C., Dr.-Ing.; Bernhardt, H.K., Dipl.-Ing.; Pat.-Anwälte, 8000 München

㉓

Als Erfinder benannt: Perry, John Truman, Salt Lake City, Utah; Grichnik, James A., Park Ridge; Schmutzer, Joel John, Oak Park; Ill.. (V.St.A.)

DT 2 402 230

PATENTANWÄLTE  
DR. CLAUS REINLÄNDER  
DIPL.-ING. KLAUS BERNHARDT  
D - 8 MÜNCHEN 60  
ORTSSTRASSE 12

17. Jan. 1974

V1 P367 D

Varian Associates, Palo Alto, Cal., V.St.A.

---

Vorrichtung zum Vorhersagen des Ausfalls einer  
Röntgenröhre

---

Priorität: 29. Januar 1973, USA, S.N. 327 259

Zusammenfassung

Es werden Ausfälle verursachende Betriebszustände einer Röntgenröhre abgefühlt. Einige der abgeführten Betriebszustände sind Vorgänge, wie etwa Heißüberlastung der Drehanode, Wärmeschock der Drehanode usw., während andere abgeführte Betriebszustände die Benutzung der heißen Drehanodenlagerung und die Benutzung der Glühkathodenheizfäden umfassen. Von den abgeführten Betriebszuständen werden bestimmte Betriebszustände integriert und das integrierte Ausgangssignal wird mit einem vorbestimmten Standard verglichen, um eine Vorhersage der verbleibenden

Betriebslebensdauer zu erhalten. Andere abgefühlte Zustände zeigen, wenn vorhanden, ohne Integration einen beginnenden Ausfall an. Die integrierten Signale werden in elektrochemischen Zellen gespeichert und für eine Vorhersage eines beginnenden Röhrenausfalls periodisch abgelesen.

Hintergrund der Erfindung

Die Erfindung betrifft allgemein ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Vorhersagen eines beginnenden Ausfalls einer Röntgenröhre und insbesondere eine verbesserte Überwachungsvorrichtung zum Überwachen mehrerer der Betriebszustände der Röntgenröhre, um eine Anzeige eines beginnenden Ausfalls derselben zu erhalten.

Bislang werden bestimmte Betriebsparameter einer Röntgenröhre überwacht, um eine Anzeige einer Funktionsstörung der Röhre oder eine Anzeige darüber, wieviele Betriebsstunden die Röhre in Betrieb gewesen ist, zu erhalten. Bei einem herkömmlichen Ausführungsbeispiel wird die gegen-elektromotorische Kraft auf der Statorwicklung des Antriebsmotors der Drehanode der Röntgenröhre überwacht. Eine Übermäßige Gegen-EMK zeigt an, daß die Lagerung defekt ist oder daß die Drehanode nicht in der Lage ist, die Betriebsdrehzahl zu erreichen.

Es ist außerdem bekannt, daß die der Röntgenröhre zugeführte Anodenspannung überwacht und integriert werden kann, um ein Ausgangssignal zu erhalten, das zu der Gesamtbestrahlungszeit der Röhre proportional ist.

Das Problem besteht bei diesen herkömmlichen Röhrenüberwachungsvorrichtungen darin, daß sie keine zufriedenstellende Gesamtvorhersage eines beginnenden Ausfalls einer Röntgenröhre liefern. In dem Fall der herkömmlichen Statorgegen-EMK-Methode wird zwar ein Ausfall der Röhre an-

gezeigt, es wird jedoch keine Vorhersage eines beginnenden Ausfalls geliefert. In dem Fall der Bestrahlungszeitüberwachungsmethode liefert die Überwachungsschaltung zwar ein Ausgangssignal, das zu der Betriebszeit, die die Röhre hinter sich hat, proportional ist, sie liefert jedoch keine Vorhersage der verbleibenden Lebensdauer der Röhre.

Es besteht ein Bedarf für eine Überwachungsschaltung zum Überwachen der Betriebszustände einer Röntgenröhre, um einen beginnenden Ausfall der Röntgenröhre genau vorherzusagen. Solche Röhren werden häufig bei verhältnismäßig komplizierten chirurgischen Verfahren verwendet. Ein Ausfall der Röntgenröhre während des Operationsverfahrens könnte den Erfolg der Operation gefährden und/oder zur Folge haben, daß das Operationsverfahren wiederholt werden muß.

#### Zusammenfassung der Erfindung

Das Hauptziel der Erfindung besteht darin, Einrichtungen zum Vorhersagen eines beginnenden Ausfalls einer Röntgenröhre zu schaffen.

Gemäß einem Merkmal der Erfindung wird ein einen Ausfall verursachender Betriebszustand der Röntgenröhre abgefühlt, um ein Ausgangssignal zu gewinnen, welches die Art des Ausfalls anzeigt. Dieses Ausgangssignal wird integriert und das integrierte Ausgangssignal wird mit einem vorbestimmten Standard verglichen, um einen beginnenden Ausfall anzuzeigen, wenn das integrierte Ausfallart-Ausgangssignal einen vorbestimmten Wert übersteigt.

Gemäß einem anderen Merkmal der Erfindung wird eine übermäßige Vibration der Röntgenröhre infolge der Drehung der Antikathode bzw. Drehanode festgestellt, um ein Ausgangssignal zu gewinnen, welches einen beginnenden Ausfall der Lagerhalterung für die Drehanode anzeigt.

409831-0778

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung wird ein Ausgangssignal erzielt, welches für die in der Drehanode gespeicherten Wärmeeinheiten kennzeichnend ist. Dieses Ausgangssignal wird mit einem vorbestimmten Bezugswert verglichen, um ein Überlastsignal immer dann zu gewinnen, wenn die in der Drehanode gespeicherten Wärmeeinheiten einen vorbestimmten Wert übersteigen.

Gemäß noch einem weiteren Merkmal der Erfindung wird die der Drehanode zugeführte Strahlleistung überwacht, um ein Überlastsignal immer dann zu gewinnen, wenn die von der Drehanode absorbierte Strahlleistung einen vorbestimmten Bezugswert für eine vorbestimmte Zeitspanne übersteigt.

Gemäß noch einem Merkmal der Erfindung wird die Benutzung des Kathodenheizfadens überwacht, um ein Ausgangssignal zu gewinnen, welches für den Betrieb der Röntgenröhre bei einem Ausgangswert oberhalb des Durchleuchtungswertes kennzeichnend ist. Dieses Ausgangssignal wird integriert und mit einem Bezugswert verglichen, um eine Anzeige eines beginnenden Ausfalls immer dann zu liefern, wenn die Benutzung der Röntgenröhre bei einem über dem Durchleuchtungswert liegenden Wert einen vorbestimmten Wert überschreitet.

Gemäß noch einem Merkmal der Erfindung wird die Auslaufzeit der Drehanode überwacht, um ein Ausfallart-Ausgangssignal immer dann zu gewinnen, wenn die Auslaufzeit der Drehanode unter einen vorbestimmten Wert sinkt.

Schließlich wird gemäß noch einem weiteren Merkmal der Erfindung ein Ausfallart-Ausgangssignal in einer elektro-chemischen Zelle integriert, die periodisch abgelesen wird, um ein Ausgangssignal zu gewinnen, das zu der verbleibenden nutzbaren Lebensdauer der Röntgenröhre für diese besondere Art des Ausfalls proportional ist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels der Erfindung. Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Leitungsdiagramm, teilweise in Form eines Blockdiagramms, einer Röntgenröhre der durch die Vorrichtung nach der Erfindung zu überwachenden Art,

Fig. 2 ein schematisches Blockdiagramm einer Röntgenröhrenüberwachungsschaltung nach der Erfindung,

Fig. 3 ein Diagramm der der Drehanode zugeführten maximalen Nennstrahlleistung in Abhängigkeit von der Zeit für eine typische Röntgenröhre,

Fig. 4 ein schematisches Blockdiagramm für einen Kanal des 5-Wert-und-Zeit-Vergleicherschaltungsteils von Fig. 2, der durch eine Linie 4-4 umgrenzt ist, und

Fig. 5 ein Schaltschema, teilweise in Blockform, einer Leseschaltung zum Ablesen des integrierten Ausfallart-Ausgangssignals in den elektrochemischen Zellen von Fig. 2.

In Fig. 1 ist eine Röntgenröhre 11 der durch die Schaltung nach der Erfindung zu überwachenden Art dargestellt. Insbesondere weist die Röntgenröhre 11 einen länglichen Kolben 12, beispielsweise aus Glas, mit einer Drehanode bzw. einer drehbaren Antikathode 13, beispielsweise aus Wolfram, auf, die durch einen Rotor 14 innerhalb des Kolbens 12 über eine

Lageranordnung 15 gehaltered ist. Eine Statorwicklung 16 ist außerhalb des Kolbens 12 um den Rotor 14 herum angeordnet. Die Statorwicklung 16 wird wahlweise mit Strom aus zwei Netzteilen 17 und 18 erregt, die Speisestrom mit 60 Hz bzw. 180 Hz liefern, um eine Drehung des Rotors 14 und der Drehanode 13 mit Drehzahlen von 3500 U/min. bzw. 10 000 U/min. zu erzeugen, je nachdem, welches der Netzteile 17 und 18 wahlweise erregt ist.

Ein Glühkathodenstrahler 19 ist innerhalb des Kolbens 12 axial fluchtend mit dem Umfang der Drehanode 13 angeordnet, um einen Strom von Elektronen mit hoher Energie auf den Umfangsrand der Drehanode 13 zu richten. Das Elektronenbombardement der Drehanode erzeugt eine Keule von Röntgenstrahlen 21, die durch den Kolben 12 und durch eine Öffnung 22 in einem den Kolben 12 umgebenden Bleimantel 20 hindurchgeht. Der Bleimantel 20 schirmt die Umgebung vor unerwünschter Röntgenstrahlung ab.

Der Glühkathodenstrahler 19 wird über jeweils einen von zwei Heizfäden 23 und 24, die an der Rückseite des Glühkathodenstrahlers 19 angeordnet sind, auf Glühemissionstemperatur aufgeheizt. Der Heizfaden 23 ist wesentlich größer als der Heizfaden 24 und nimmt einen wesentlich höheren Strom auf, um die Kathode 19 auf eine wesentlich höhere Betriebstemperatur aufzuheizen, so daß der auf die Drehanode 13 auftreffende Strahlstrom im wesentlichen oberhalb des Strahlungswertes liegt, der für Durchleuchtungszwecke verwendet wird. Der andere Kathodenheizfaden 24 ist wesentlich kleiner als der erstgenannte und so ausgelegt, daß er wesentlich weniger Strom aufnimmt, um den Kathodenemitter 19 auf eine niedrigere Temperatur aufzuheizen, so daß der Strahlstrom bei der niedrigeren Betriebstemperatur der Drehanode 13 eine wesentlich geringere Leistung zuführt. Ein Glühfadennetzteil 25 versorgt den großen Glühfaden 23 mit Strom, während ein Glühfadennetz-

teil 26 den kleineren Kathodenheizfaden 24 mit geringerem Strom versorgt.

Ein Anode-zu-Kathode-Netzteil 27 ist über eine feststehende Lagerhalterung und Kugellager der Lageranordnung 15 der Dreh-anode 13 zwischen dieselbe und den Kathodenemitter 19 geschaltet. Ein Widerstand 29 ist mit dem Anode-zu-Kathode-Netzteil 27 in Reihe geschaltet, um an diesem Widerstand ein Spannungsausgangssignal abzunehmen, welches zu den Milli-ampere des durch die Röhre fließenden Strahlstroms proportional ist. Ein piezoelektrischer Schwingungsabnehmer, wie beispielsweise ein Nadeltonabnehmereinsatz 31, ist an dem Mantel 20 befestigt, um die Schwingung der Röntgen-röhre und des Gehäuses, die durch die Rotation der Dreh-anode 13 hervorgerufen wird, abzunehmen.

In Fig. 2 ist die elektrische Schaltung zum Überwachen von Ausfälle verursachenden Betriebszuständen der Röntgen-röhre 11 und zum Vorhersagen eines beginnenden Ausfalls der Röhre 11 dargestellt. Zu der Anzahl von Ausfälle ver-ursachenden Betriebszuständen, die durch die Schaltung in Fig. 2 überwacht werden, gehört das Überlasten der Wärme-kapazität des Drehanodentellers 13. Für die Überlastung der Wärmekapazität der Drehanode gibt es eine Anzahl von Möglichkeiten. Erstens hat die Drehanode eine bestimmte maximal zulässige Gesamtwärmespeicherfähigkeit. Wenn diese überschritten wird, so wird die Betriebslebensdauer der Röhre verringert. Zweitens kann die Drehanode wärmegeschockt werden, das heißt die momentane Leistung, die in der Dreh-anode verbraucht wird, kann einen normalen Beanspruchungs-wert überschreiten. Das wird weiter kompliziert, da der normale Beanspruchungswert auch eine Funktion der Tempe-ra-tur der Drehanode oder des vorhandenen Wärmespeicherzustan-des der Drehanode ist. Wenn die Drehanode heißer oder kälter als normal ist, wird insbesondere die Menge von Wärmeeinhei-ten, die durch die Drehanode in einer bestimmten Zeitspanne

absorbiert werden kann, ohne eine unzulässige Beanspruchung der Drehanode hervorzurufen, verringert.

Demgemäß simuliert die Überwachungsschaltung von Fig. 2 den Wärmespeicherungszustand der Drehanode 13, indem sie in einer Multipliziereinrichtung 34 den Scheitelwert der Ausgangsspannung des Kathode-zu-Anode-Netzteils, der an der Klemme 32 des Netzteils 27 abgenommen wird, mit dem Milliampere-Anodenstromsignal, welches an der Klemme 33 entnommen wird, multipliziert, um ein zu  $KV_{pma}$  proportionales Ausgangssignal zu liefern. Dieses Signal ist angenähert proportional zu der Eingangsstrahlleistung der Drehanode 13. Das Ausgangssignal der Multipliziereinrichtung 34 wird dem Eingang eines Verstärkers 35 mit einstellbarem Verstärkungsfaktor zugeleitet. Dieser Verstärker hat eine Spannungsverstärkung von Eins oder weniger, je nach dem Grad der Verstärkungsfaktorunterdrückung an Verstärkungsfaktorsteuereingängen 36. Das Ausgangssignal des Verstärkers 35 wird einer 5-Wert-und-Zeit-Vergleicherschaltung 37 zugeführt, von welcher ein Kanal in Fig. 4 mehr ins Einzelne gehend dargestellt ist.

In Fig. 3 ist ein Diagramm der Eingangsstrahlleistung der Drehanode 13 in Kilowatt über der Zeit dargestellt. Die Kurve 38 zeigt die maximale Nenneingangsleistung der Drehanode ohne Minderung der Betriebslebensdauer der Röhre 11. Die 5-Wert-und-Zeit-Vergleicherschaltung 37 hat 5 getrennte Kanäle der in Fig. 4 dargestellten Art zum Überwachen des Kennwerts der Drehanode 13 in Abhängigkeit von der Zeit zugeführten Eingangsleistung. Die fünf gesonderten Werte entsprechen fünf gesonderten Zeitspannen, beispielsweise von 0,001 s, 0,01 s, 0,1 s, 0,5 s und 1,0 s. Die zulässige Eingangsleistung der Drehanode 13 für diese verschiedenen Zeiten ist an den Punkten 1. Wert, 2. Wert, 3. Wert, 4. Wert und 5. Wert auf der Kurve 38 angegeben.

Wenn irgendwelche der Eingangsleistungswerte für die entsprechende, auf der Abszisse angegebene Zeit überschritten werden, so wird ein Ausfallart-Ausgangssignal der Schaltung 37 entnommen und einem monostabilen Impulsgenerator 39 zugeführt, welcher einen Impuls mit einer vorbestimmten Stromamplitude und Dauer erzeugt, beispielsweise mit einer Dauer von 5 s, welches von da aus durch eine Gatterschaltung 41 zu einer integrierenden, elektrochemischen HEISS-Überlastung- bzw. NORMAL- bzw. KALT-Überlastung-Zelle 42-44 geleitet wird. Signallampen 45, 46 und 47 sind mit den entsprechenden Ausgängen der Gatter 41 verbunden, um einen momentanen Überlastungs- oder Ausfallart-Ausgangsvorgang anzuzeigen. Schwellenwertdetektoren 49, 51 und 52 sind an die elektrochemischen Zellen 42 bzw. 43 bzw. 44 angeschlossen, um einen vollständig entladenen Zustand bzw. entplattierten Zustand der Zellen 42 bzw. 43 bzw. 44 zu überwachen.

Die elektrochemischen Zellen 42-44 haben jeweils zwei Elektroden; eine ist anfänglich bis auf einen Wert plattiert (geladen), der einer erwarteten Lebensdauer von solchen Überlastungsvorgängen entspricht, und die andere ist anfänglich nicht plattiert. Da jeder der Überlastungsvorgänge in die entsprechende Überlastungszelle 42-44 eingegeben wird, entfernt er auf diese Weise einen bestimmten Bruchteil der Plattierung von der anfänglich plattierten Elektrode der Zelle und schlägt diese Plattierung auf der anderen Elektrode nieder. Wenn demgemäß die vorbestimmte Gesamtanzahl von solchen Überlastungsvorgängen, die durch die Plattierung in jeder der einzelnen Zellen dargestellt ist, in jede der einzelnen Zellen eingegeben wird, wird die plattierte Elektrode derselben vollständig entplattiert und die betreffende Zelle wird dadurch vollständig entladen. Nach dem vollständigen Entplattieren der anfänglich plattierten Elektrode der betreffenden Zelle 42-44 steigt die Impedanz der Zelle um einen Faktor von mindestens 100. Folglich nimmt der Spannungsabfall an der Zelle wesentlich zu.

Diese Zunahme des Spannungsabfalls an der Zelle wird durch den entsprechenden Schwellenwertdetektor 49,51,52 überwacht, um ein Ausgangssignal zu gewinnen, welches für einen beginnenden Ausfall der Röntgenröhre maßgebend ist. Dieses Ausfallbeginn-Ausgangssignal wird dann einer entsprechenden Signallampe 48,53,54 zugeleitet, um einen beginnenden Ausfall anzuzeigen. Eine geeignete integrierende elektrochemische Zelle 42-44 weist einen elektrochemischen Integrator oder Zähler auf, wie etwa eine Plessey-Serie 560-Zelle, die von der Fa. Plessey Electropojects, Los Angeles, Cal., V.St.A., geliefert wird.

Ein repräsentativer Kanal der 5-Wert-und-Zeit-Vergleicherschaltung 37 ist mit näheren Einzelheiten in Fig. 4 dargestellt. Das dem Ausgang des Verstärkers 35 entnommene Eingangssignal entspricht der Eingangsleistung der Drehanode 13, und zwar in einer weiter unten näher beschriebenen Weise modifiziert durch den Verstärkungsfaktor des Verstärkers 35. Von letzterem aus wird das Eingangssignal einem Schwellenwertdetektor 55 zugeführt, der einen vorbestimmten inneren Bezugswert hat, welcher für einen der vorgenannten, in Fig. 3 angegebenen fünf Bezugswerte maßgebend ist. Wenn die Eingangsspannung den betreffenden Bezugswert des Schwellenwertdetektors 55 übersteigt, wird ein Ausgangsimpuls erzeugt, wie durch die Wellenform (a) in Fig. 4 gezeigt. Der Ausgangsimpuls hat eine Dauer, die von der Länge der Zeitspanne, während welcher die Eingangsleistung den vorbestimmten Bezugswert übersteigt, abhängig ist. Das Ausgangssignal des Schwellenwertdetektors 55 wird dem Eingang eines monostabilen Impulsgenerators 56 zugeführt, der während einer vorbestimmten Zeitspanne gesetzt ist, die der betreffenden Zeit entspricht, die in Fig. 3 auf der Abszisse angegeben ist, nämlich der Zeit, die dem Schnittpunkt der Zeitkoordinate mit der Leistungswertkoordinate von Kurve 38 entspricht.

Der monostabile Impulsgenerator 56 erzeugt einen Austastimpuls mit vorbestimmter Dauer entsprechend der be treffenden Abszissenkoordinate. Der Austastimpuls, Wellenform (b), dient dazu, den Ausgangsimpuls des Schwellenwertdetektors für die Dauer des Austastimpulses auszutasten. Wenn das Ausgangssignal des Schwellenwertdetektors 55 eine längere Dauer als der Austastimpuls hat, wird ein nicht ausgetasteter Differenzausgangsimpuls an dem Ausgang des monostabilen Impulsgenerators 56 abgegeben. Dieser nicht ausgetastete Differenzimpuls, welcher durch die Wellenform (c) gezeigt ist, stellt das Auftreten eines Fehlerartvorganges dar, welcher von da aus dem monostabilen Impulsgenerator 39 zugeführt wird, um den 5 s- Vorgang-Impuls zu erzeugen, wie durch die Wellenform (d) dargestellt. Die 5-Wert-und-Zeit-Vergleicherschaltung 37 weist fünf gesonderte Kanäle der in Fig. 4 dargestellten Art auf. Jeder Kanal ist auf einen verschiedenen Bezugsleistungswert und auf eine entsprechend verschiedene Zeitbasis eingestellt, wie in Fig. 3 gezeigt.

Gemäß Fig. 2 wird ein weiteres Ausgangssignal der Multiplizierschaltung 34 dem Eingang eines mit Ableitung behafteten Integrators 57 zugeführt, so daß das Ausgangssignal des Integrators 57 die Wärmespeicherung der Drehanode 13 annähert. Insbesondere wird das dem Ausgang der Multiplizierschaltung 34 entnommene Spitzenleistungsausgangssignals durch den Integrator 57 integriert. Das Ausgangssignal des Integrators 57 wird mit einer Geschwindigkeit verringert oder vernichtet, die durch die Wärmeabfuhrsimulationsschaltung 58 und den Kondensator 59 festgelegt ist, um die Abkühlwirkung der Drehanode 13 anzunähern.

Die Wärmeableitungsschaltung 58 weist 3 bis 5 parallele Schaltunzweige auf, die jeweils mit dem Kondensator 59

parallelgeschaltet sind. Jeder Schaltungszweig enthält eine Reihenschaltung eines Widerstandes mit unterschiedlichem Wert und eines Gatters, welches durch einen Schwellenwertdetektor gesteuert wird, um einen entsprechenden Widerstand in Parallelschaltung mit dem Kondensator 59 zu bringen. Die entsprechenden eingeschalteten Widerstände haben entsprechende Widerstandswerte, die in umgekehrter Beziehung zu dem Wärmespeicherausgangssignal des Integrators 57 stehen, so daß für einen kalten oder niedrigen Wert der Wärmespeicherung in der Drehanode, der durch den Schwellenwertdetektor für den niedrigen Wert abgefühlt wird, ein verhältnismäßig hoher Widerstandswert mit dem Kondensator 59 parallelgeschaltet wird, um eine verhältnismäßig große Zeitkonstante zu schaffen, beispielsweise von 1 Stunde, um die niedrige Abkühlungsgeschwindigkeit für eine kalte Drehanode zu simulieren. Dagegen wird für eine heiße Drehanode ein niedriger Widerstandswert zu dem Kondensator 59 parallelgeschaltet, um eine verhältnismäßig große Abkühlungsgeschwindigkeit einer heißen Drehanode zu simulieren.

Das Ausgangssignal des verlustbehafteten Integrators 57 wird dem Eingang von drei getrennten Schwellenwertdetektoren 61 zugeführt. In jedem Schwellenwertdetektor sind interne Bezugsschwellenwerte für einen unterschiedlichen Spannungswertbereich eingestellt, die entsprechend unterschiedlichen Bereichen der Wärmespeicherung in der Drehanode 13 entsprechen. Insbesondere ist der erste Schwellenwertdetektor so eingestellt, daß er die Wärmespeicherungseinheiten in der Drehanode innerhalb des Bereiches von Null bis 0,05 anzeigt. Wenn das Eingangssignal in diesen Bereich fällt, wird an eine Leitung 62 ein Ausgangssignal abgegeben, welches für einen kalten Zustand der Drehanode 13 kennzeichnend ist. Dieses "Kalt"-Signal wird dem "Kalt"-Eingang eines von drei UND-Gattern 41 zugeführt, um das Ausgangssignal des Impulsgenerators 39 zu der KALT-Über-

- 13 -  
409831/0778

lastung-Zelle 44 durchzulassen. Wenn das Eingangssignal an einem zweiten Schwellenwertdetektor, der sich innerhalb der Detektorschaltung 61 befindet, in den Bereich von 0,05 bis 0,5 Wärmeeinheiten fällt, wird an eine Leitung 62 ein dem NORMAL-Betriebszustand der Drehanode 13 entsprechendes Ausgangssignal abgegeben, welches dem NORMAL-Eingang eines von drei Gattern 41 zugeleitet wird, um das Ausgangssignal des Impulsgenerators 39 zu der NORMAL-Überlastung-Zelle 43 durchzulassen. Gleichfalls erzeugt der dritte Schwellenwertdetektorkanal des Detektors 61 ein Ausgangssignal auf einer Leitung 64, wenn das Ausgangssignal des mit Ableitung behafteten Integratos 57 größer als 0,5 Wärmeeinheiten ist. Dieses Ausgangssignal wird einem von drei Gattern 41 zugeleitet, um das Ausgangssignal des Impulsgenerators 39 zu der HEISS-Überlastung-Integrationszelle 42 durchzulassen.

Da die zulässige Anzahl von momentanen Wärmeeinheiten, die in der Drehanode 13 absorbiert werden kann, ohne einen Wärmeschok zu erzeugen, von der Anzahl von Wärmeeinheiten abhängt, die bereits in der Drehanode gespeichert sind, wird von der NORMAL-Ausgangsleitung 63 des Schwellenwertdetektors 61 ein Ausgangssignal entnommen und einem der Verstärkungsfaktorsteuereingänge 36 des Verstärkers 35 zugeführt, um den Verstärkungsfaktor des Verstärkers 35 auf 70% seines normalen Verstärkungsfaktors zu verringern. Das erlaubt, daß die der Drehanode 13 zugeführte Augenblicksleistung um 30% größer sein kann als die einer HEISSEN oder KALTEN Drehanode 13 zugeführte Leistung, ohne daß einer der entsprechenden Schwellenwertdetektoren in der 5-Wert-Zeit-Vergleicherschaltung 37 getriggert wird. Eine solche Verringerung des Verstärkungsfaktors erhält man nicht, wenn die Drehanode heiß oder kalt betrieben wird, was durch das Ausgangssignal der drei Schwellenwertdetektoren bestimmt wird.

Der Verstärkungsfaktor des Verstärkers 35 wird außerdem auf einen vorgewählten Wert in dem Bereich von 30-70%, der direkt von der Brennfleckgröße abhängig ist, verringert, wenn der große Heizfaden erregt wird; ein solches Signal wird von einer Klemme 65 des Netzteils für den großen Heizfaden über eine Leitung 66 abgenommen. In gleicher Weise wird der Verstärkungsfaktor des Verstärkers 35 auf angehähert 50% seines normalen Wertes verringert, wenn die Drehanode 13 mit der höheren Winkelgeschwindigkeit gedreht wird, die sich bei Erregung des Stators aus dem 180 Hz-Netzteil ergibt; ein entsprechendes Signal wird von einer Klemme 67 über eine Leitung 68 abgenommen. Die Verstärkungsfaktorsteuereingänge 36 sind so angeordnet, daß, wenn einer oder mehrere der Verstärkungsfaktorsteuereingänge 36 erregt (TRUE) sind, der Verstärkungsfaktor des Verstärkers 35 von seinem normalen Wert aus verringert wird.

Ein weiteres Ausgangssignal des mit Ableitung behafteten Integrators 57 wird einem Überwärmespeicherung-Schwellenwertdetektor 69 zugeführt, der auf einen vorbestimmten Schwellenwert eingestellt ist, welcher einen maximalen Wärmespeicherungszustand der Drehanode 13 darstellt. Wenn der vorbestimmte Bezugswert des Schwellenwertdetektors 69 überschritten wird, zeigt sein TRUE-Ausgangssignal Überwärmespeicherung oder Überlastung der Drehanode 13 an. Das TRUE-Ausgangssignal ist ein vorbestimmter Stromwert, der so lange vorhanden ist, so lange die Wärmespeicherung der Drehanode 13 übermäßig groß ist. Dieses Überlastungsausgangssignal wird einer integrierenden elektro-chemischen Überwärmeeinheit-Zelle 71 der oben mit Bezug auf die Zellen 42-44 beschriebenen Art zugeführt. Ein TRUE-Ausgangssignal wird außerdem dem Schwellenwertdetektor 69 entnommen und einer Signallampe 72 zugeleitet, um eine momentane Anzeige eines Überlastungszustands der Drehanode 13 zu geben. Das Ausgangssignal der Integratorzelle 71 wird durch einen Schwellenwertdetektor 73 überwacht, um eine voll-

ständige Entladung bzw. Entplattierung der anfänglich platierten Elektrode der Integratorzelle 71 festzustellen. Nach Feststellung der Entladung der Zelle 71 bringt das Ausgangssignal des Schwellenwertdetektors 73 eine Signal-lampe 74 zum Aufleuchten, die einen beginnenden Ausfall der Röntgenröhre 11 anzeigt.

Ein Signal, welches für die Erregung des großen Heizfadens maßgebend ist, wird über eine Leitung 75 von der Klemme 65 abgenommen und dem Eingang einer elektrochemischen Integrationszelle 76 für die "Heizfadenbetriebsstunden oberhalb des Durchleuchtungswerts" zugeführt, um die platierte Elektrode derselben zu entplattieren. Die am Anfang platierte Elektrode wird anfänglich bis zu einem Wert plattiert, der für die erwartete Betriebslebensdauer der Röntgenröhre bei einem Wert oberhalb des Durchleuchtungswerts kennzeichnend ist. Eine Signallampe 77, die mit der Klemme 65 verbunden ist, zeigt an, daß die Röhre bei einem Ausgangswert oberhalb des Durchleuchtungswerts arbeitet. Ein Schwellenwertdetektor 78 überwacht den Zustand der Entladung bzw. Entplattierung der Zelle 76 und liefert ein Ausgangssignal für eine Art eines beginnenden Ausfalls an eine Signallampe 79, wenn die Zelle 76 entplattiert ist. Dadurch wird eine Anzeige eines beginnenden Ausfalls der Röntgenröhre 11 geliefert.

Die erwartete Betriebslebensdauer der Röntgenröhre ist ausserdem von der Gesamtdauer der Benutzung der Drehanoden-lagerung während Zeitspannen abhängig, während welchen sich die Drehanode 13 in heißem Zustand befindet. Demgemäß wird der Statorwicklung bei 81 ein Ausgangssignal entnommen, welches anzeigt, daß der Stator erregt ist und daß sich folglich die Drehanode dreht. Dieses Umdrehungssignal wird einem Eingang eines UND-Gatters 82 zugeführt, welches es mit einem HEISS-Ausgangssignal von einer Zuleitung 64 der drei Schwellenwertdetektoren 61, welches für einen heissen Zustand der Drehanode 13 kennzeichnend ist, UND-verknüpft. Das

409831/07168-

TRUE-Ausgangssignal des UND-Gatters 82 wird einer Signallampe 83 zugeführt, die anzeigt, daß die Röhre in einer Betriebsart betrieben wird, in der ein Ausfall möglich ist. Ein weiteres konstantes TRUE-Stromausgangssignal des UND-Gatters 82 wird einer elektrochemischen Integratorzelle 84 für "heißes Lager" zugeführt, die von der oben mit Bezug auf die Zellen 42-44 beschriebenen Art ist und die die Benutzung des heißen Lagers integriert. Die Integratorzelle 84 für "heißes Lager" wird durch einen Schwellenwertdetektor 85 überwacht, der abfählt, wann die Zelle von dem erwarteten Betriebslebensdauerzustand für die Benutzung der Betriebsart "heißes Lager" entplattiert worden ist. Wenn der Schwellenwertdetektor 85 eine Entplattierung der Zelle 84 abfählt, bringt er eine Signallampe 86 zum Aufleuchten, wodurch ein beginnender Ausfall der Röntgenröhre 11 angezeigt wird.

Übermäßige Vibration der Röhre 11 ist ein Anzeichen für ein Lagerversagen. Deshalb wird das Ausgangssignal des Schwingungsabnehmers 31 auf den Eingang eines Schwellenwertdetektors 87 gegeben, der einen für einen vorbestimmten Zustand übermäßiger Schwingung eingestellten inneren Bezugswert hat. Wenn folglich die Schwingung der Röntgenröhre, die durch den Abnehmer 31 festgestellt wird, einen vorbestimmten Wert übersteigt, wird eine Signallampe 88 zum Aufleuchten gebracht, wodurch ein beginnender Ausfall der Röntgenröhre angezeigt wird.

Wenn die rotierende Drehanode nicht eine vorbestimmte Zeit lang ausläuft, beispielsweise nach Entregung des Stators eine Minute lang, so ist dies ein weiteres Anzeichen für einen Defekt der Lager der Drehanode und damit für einen beginnenden Ausfall der Röhre 11. Deshalb wird ein Ausgangssignal des Schwingungsabnehmers 31 einem Gleichrichter 89 zugeführt, der es gleichrichtet und auf den Eingang einer logischen Schaltung 91 gibt, die es mit einem von der Statorerregungsklemme 81 abgenommenen weiteren Signal

409831/0778 -

vergleicht. Insbesondere wird das Ausgangssignal der Statorwicklung einem monostabilen Impulsgenerator 92 zugeführt, der einen Impuls erzeugt, dessen Dauer durch die Dauer der Erregung der Statorwicklung festgelegt ist. Nach Beendigung der Erregung der Statorwicklung fällt das Ausgangssignal des monostabilen Impulsgenerators 92 auf Null ab. Das Ausgangssignal des monostabilen Impulsgenerators 92 wird auf einen Differentiator 93 gegeben, der die Hinterflanke des Ausgangsimpulses des monostabilen Impulsgenerators 92 feststellt. Das Hinterflankenausgangssignal des Differentiators 93 wird auf den Eingang eines monostabilen Impulsgenerators 94 gegeben, der einen Impuls mit vorbestimmter Dauer, beispielsweise 1 Minute, erzeugt. Der 1-Minute-Impuls wird dann zum Vergleich mit dem Ausgangssignal des Gleichrichters 89 auf den zweiten Eingang der logischen Schaltung 91 gegeben. Die logische Schaltung 91 enthält eine Vergleicherschaltung für den Vergleich der beiden Eingangssignale, um ein Ausfallart-Ausgangssignal zu erzeugen, wenn das Ausgangssignal des Gleichrichters 89 während der gesamten Dauer des 1-Minute-Ausgangsimpulses des monostabilen Impulsgenerators 94 nicht vorhanden ist. Das Ausfallart-Ausgangssignal der logischen Schaltung 91 wird auf eine Signallampe 95 gegeben, die von da an dauernd brennt und einen beginnenden Ausfall der Drehanodenlager und folglich der Röntgenröhre 11 anzeigt.

In Fig. 5 ist eine Leseschaltung 96 zum Ablesen des Zustandes der Entplattierung irgendeiner der Integratorzellen 42-47, 71, 76 oder 84 dargestellt. Die Zelle, die gelesen werden soll, wie etwa die Zelle 42, ist zwischen einer Konstantstromquelle 97 und einer weiteren elektrochemischen Integratorzelle 98, die mit der Zelle 42 zwar identisch ist, sich anfänglich jedoch in einem Zustand vollständiger Entplattierung befindet, in Reihe geschaltet. Da die Zelle 42 ihren Betrieb mit vollständig plattierter Aufzeichnungselektrode aufnimmt, entspricht das integrierte Ausgangssignal der Zel-

le 42 dem Entplattierungszustand der platierten Elektrode. Demgemäß weist ein Zuordner 99 einen Lesedruckschalter auf, der durch die Bedienungsperson niedergedrückt wird. Der Zuordner 99 startet die Entplattierung der Zelle 42 und eine entsprechende Plattierung der Zelle 98, da derselbe Strom aus der Stromquelle 97 durch die zu lesende Zelle 42 und durch die Speicherzelle 98 hindurchfließt. Ein Schwellenwertdetektor 101 ist an die Zellen 42 und 98 angeschlossen, um festzustellen, wann die Zelle 42 einen Zustand vollständiger Entplattierung erreicht hat. Inzwischen ist durch Erregung des Lesedruckschalters in dem Zuordner 99 ein Ausgangssignal an einen Zähler 102 angelegt worden, der mit dem Zählen begonnen hat, so daß das Ausgangssignal des Zählers 102 die erwartete verbleibende Lebensdauer der in der Auswertung begriffenen Menge anzeigt.

Der Schwellenwertdetektor 101 erkennt eine vollständige Entplattierung der Zelle 42 und gibt ein Ausgangssignal ab, welches den Zuordner 99 und den Zähler 102 sperrt, so daß das Zählen bei dem Wert gestoppt wird, der der verbleibenden Lebensdauer der in der Auswertung begriffenen Menge entspricht. Nachdem die Zelle 42 auf diese Weise gelesen worden ist, werden die Positionen der Zellen 98 und 42 vertauscht, so daß die Speicherzelle 98, die folglich plattiert worden ist, zurück in die Zelle 42 entplattiert wird, um die Zelle 42 in ihren vorherigen Plattierungszustand zurückzubringen. Die Zelle 42 wird danach wieder in die Schaltung von Fig. 2 eingeschaltet.

In Wirklichkeit sind der Bequemlichkeit halber sämtliche Integratorzellen 42-44, 71, 76 und 84 in einem einzigen Einschub montiert. Die entsprechenden Speicherungslesezellen 98 sind in der Leseschaltung 96 angebracht. Die Leseschaltung 96 weist einen Wähl schalter zum Auswählen einer der Integratorzellen, die gelesen werden soll, auf.

Nach dem Lesen wird die gelesene Zelle aus ihrer zugehörigen Speicherungszelle wieder aufgeladen.

- Patentansprüche -

P a t e n t a n s p r ü c h e:

1. Vorrichtung zum Vorhersagen des Ausfalls einer Röntgenröhre, gekennzeichnet durch Einrichtungen zum Abfühlen eines Betriebszustandes der Röntgenröhre, der einen Ausfall auftreten läßt, um ein entsprechendes Ausgangssignal zu liefern, und durch Einrichtungen, die auf dieses Ausgangssignal ansprechen und anzeigen, wann dieses Ausgangssignal einen vorbestimmten Wert übersteigt oder nicht übersteigt, um dadurch einen beginnenden Ausfall der Röntgenröhre anzuzeigen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das entsprechende Ausgangssignal ein Ausfallart-Ausgangssignal ist, daß Einrichtungen zum Integrieren dieses Ausfallart-Ausgangssignals vorgesehen sind und daß die zweitgenannten Einrichtungen auf das integrierte Ausfallart-Ausgangssignal ansprechen und eine Anzeige liefern, wenn das integrierte Ausfallart-Ausgangssignal den vorbestimmten Wert übersteigt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der abgefühlte Betriebszustand, der einen Ausfall auftreten läßt, die in dem Antikathodenteil der Röntgenröhre gespeicherten Wärmeeinheiten beinhaltet, die einen vorbestimmten Wert übersteigen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der abgefühlte Betriebszustand, der einen Ausfall auftreten läßt, die der Antikathode der Röntgenröhre zugeführte Elektronenstrahlleistung ist, die einen vorbestimmten Wert über eine vorbestimmte Zeit hinaus übersteigt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

409831-0778-<sup>21</sup>

daß der abgefühlte Betriebszustand diejenige Elektronenstrahlleistung ist, die einen vorbestimmten Wert über eine vorbestimmte Zeit hinaus in Abhängigkeit von der Wärmespeicherung in der Antikathode übersteigt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die überwachte Röntgenröhre eine durch einen Motor angetriebene Drehanode aufweist, die durch eine Lagerung innerhalb eines evakuierten Kolbens gelagert ist, und daß der abgefühlte Betriebszustand, der einen Ausfall auftreten läßt, die Drehanodenrotation ist, so lange wie die Wärmespeicherung in der Drehanode einen vorbestimmten Wert übersteigt.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der abgefühlte Betriebszustand, der einen Ausfall auftreten läßt, die dem Kathodenheizelement der Röntgenröhre zugeführte Kathodenheizelementleistung beinhaltet, die denjenigen Wert der Heizelementleistung übersteigt, der verwendet wird, um lediglich einen Durchleuchtungswert der von der Antikathode bzw. Drehanode der Röhre ausgehenden Röntgenstrahlung zu erzeugen.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1 zum Vorhersagen eines beginnenden Ausfalls einer Röntgenröhre mit Drehanode, dadurch gekennzeichnet, daß die erstgenannten Einrichtungen das Auslaufen der rotierenden Drehanode nach dem Aufhören der auf die rotierende Drehanode einwirkenden Antriebskraft abfühlen, um ein Auslaufausgangssignal abzugeben, daß Einrichtungen vorgesehen sind, die auf das Auslaufausgangssignal ansprechen, um ein Ausfallart-Ausgangssignal abzugeben, wenn das Auslauf-Ausgangssignal nicht eine vorbestimmte Zeitdauer übersteigt, und daß weitere Einrichtungen vorgesehen sind, die auf das Ausfallart-Ausgangssignal ansprechen, um einen beginnenden

Ausfall der Lagerhalterung für die Drehanode anzuzeigen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Abfühlen des Auslaufens der Drehanode Einrichtungen aufweisen, die schwingungsmäßig mit der Röntgenröhre gekuppelt sind, um die durch die Rotation der Drehanode erzeugte Schwingung der Röhre abzufühlen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1 zum Vorhersagen eines beginnenden Ausfalls einer Röntgenröhre mit Drehanode, dadurch gekennzeichnet, daß die erstgenannten Einrichtungen schwingungsmäßig mit der Röntgenröhre gekuppelt sind, um die Schwingung der Röhre abzufühlen, die durch Rotation der Drehanode erzeugt wird, und um ein Schwingungsausgangssignal zu erzeugen, und daß die auf dieses Schwingungsausgangssignal ansprechenden Einrichtungen ein Ausfallart-Ausgangssignal liefern, wenn das Schwingungsausgangssignal einen vorbestimmten Schwellenwert, der für übermäßige Schwingung kennzeichnend ist, übersteigt, wodurch ein Ausgangssignal erhalten wird, welches für einen beginnenden Ausfall der Lagerhalterung für die Drehanode kennzeichnend ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Integriereinrichtungen eine elektrochemische Zelle mit einer ersten und einer zweiten Elektrode aufweisen, die in einen Elektrolyten eingetaucht sind und zwischen die zum Integrieren das Ausfallart-Ausgangssignal angelegt ist, und daß die zweite Elektrode gemäß dem Integral des zwischen die Elektroden angelegten Ausfallart-Ausgangssignals mit Material von der ersten Elektrode plattiert wird.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch Einrichtungen zum Ablesen des Zustandes der Plattierung auf den beiden Elektroden innerhalb der elektrochemischen Zelle, um eine Anzeige des beginnenden Ausfallzustandes der Röntgenröhre für die integrierte Ausfallart zu erhalten.

13. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Abfühlen der in der Antikathode gespeicherten Wärmeeinheiten Einrichtungen zum Gewinnen eines Ausgangssignals, welches eine Funktion der der Antikathode zugeführten Strahlleistung ist, Einrichtungen zum Integrieren dieses Ausgangssignals, um ein integriertes Ausgangssignal zu gewinnen, und Einrichtungen aufweisen, die dieses Ausgangssignal mit einer Zeitkonstante dämpfen, die die Zeitkonstante der Abkühlungswirkung der Antikathode annähert, wodurch das gedämpfte integrierte Ausgangssignal die tatsächliche Anzahl von in der Antikathode gespeicherten Wärmeeinheiten simuliert.

24  
Leerseite

2402230

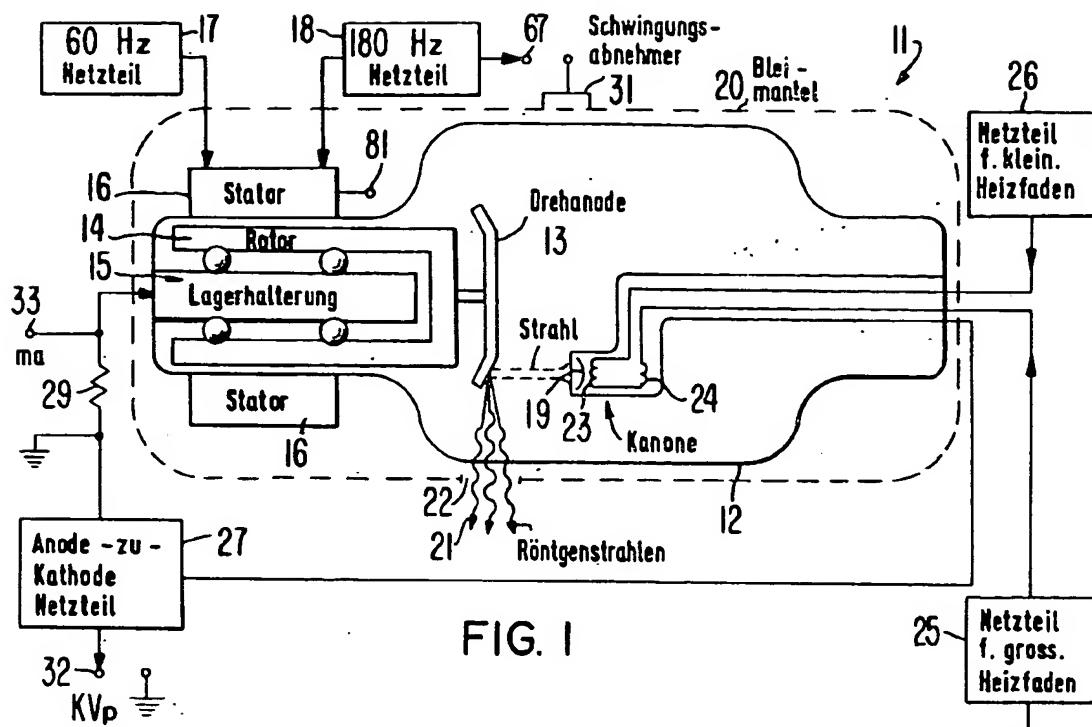


FIG. 1

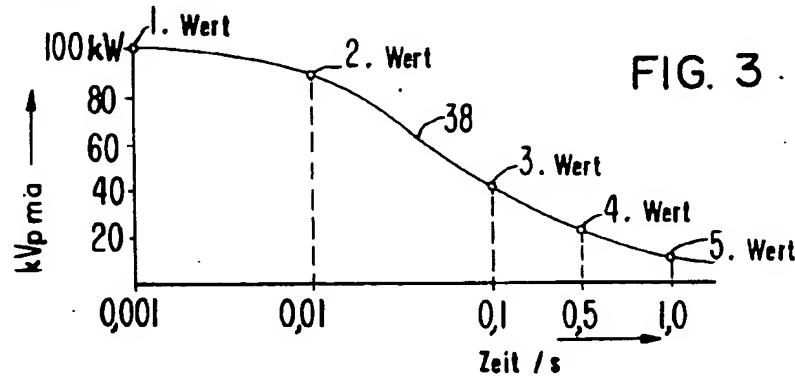
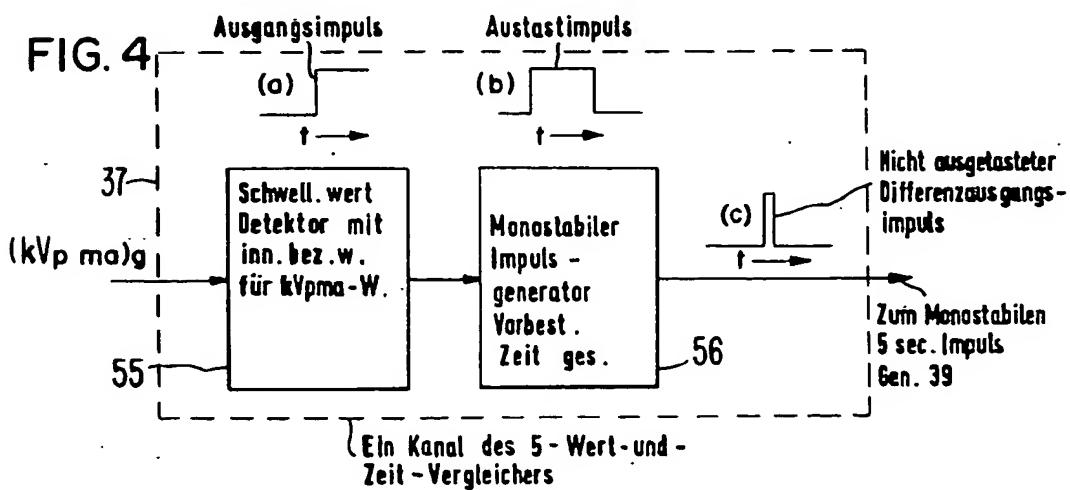


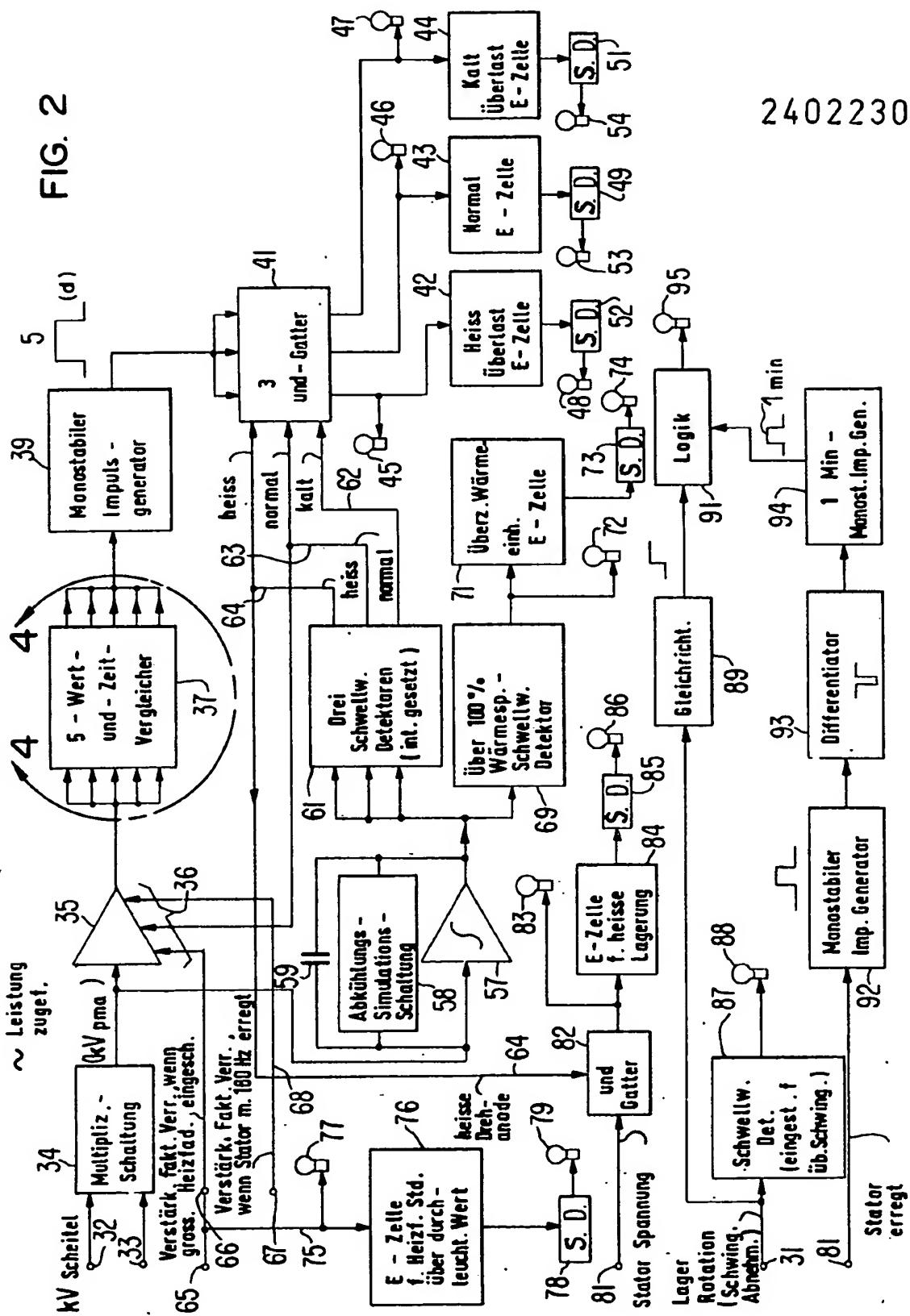
FIG. 3



409831/0778

21g 20-06 AT: 17.01.1974 OT: 01.08.1974

FIG. 2



2402230

409831/0778

2402230

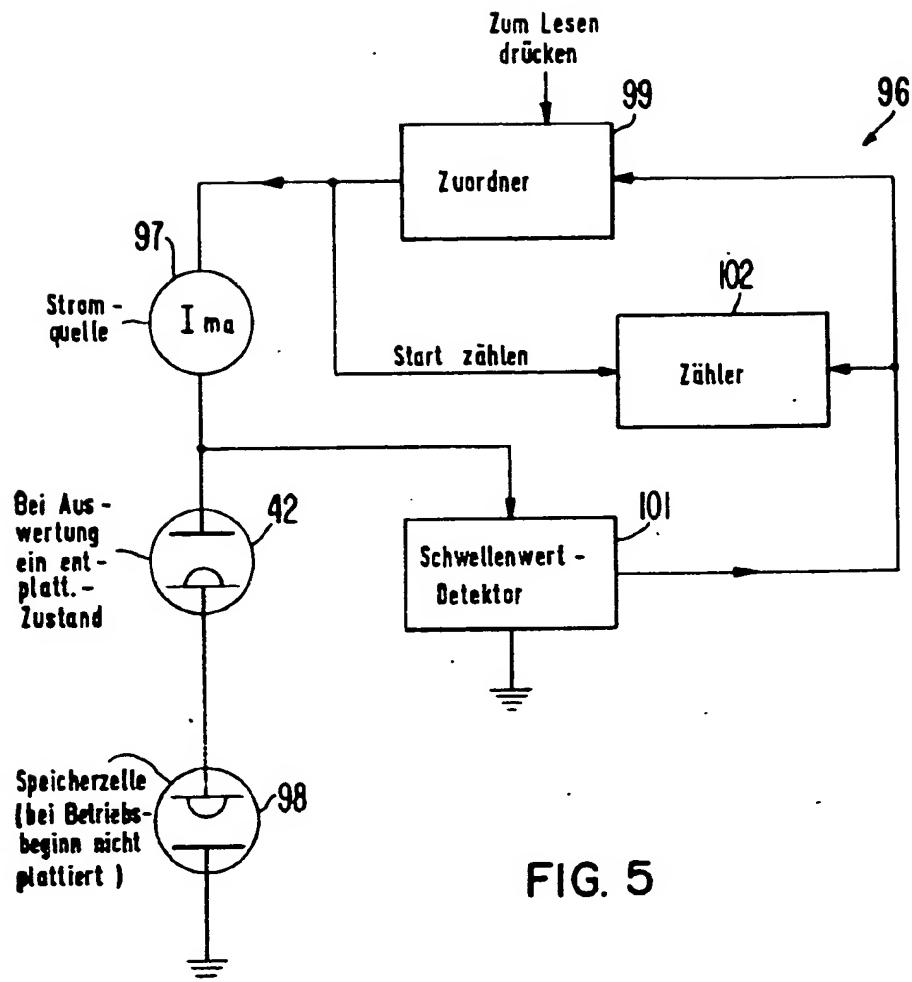


FIG. 5

409831/0778